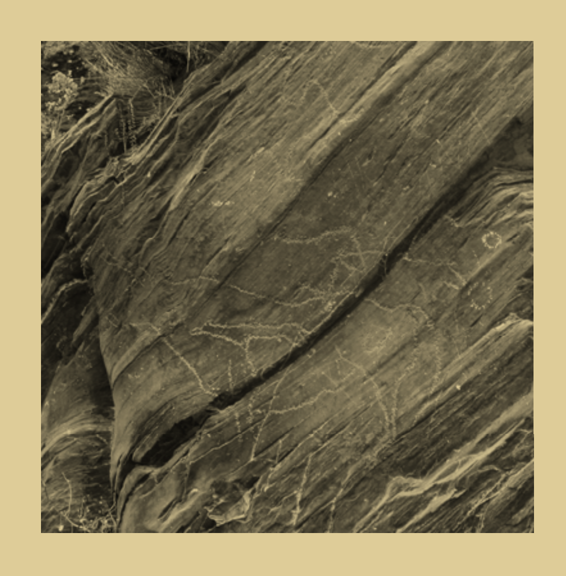
MANUAL DE PRÁCTICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRÁCTICAS III

CERÁMICA, VIDRIO Y PIEDRA NATURAL-ÁRIDOS

por

BEATRIZ ABENZA RUÍZ
MARÍA DEL MAR BARBERO BARRERA
FRANCISCO HERNÁNDEZ OLIVARES



CUADERNOS DEL INSTITUTO JUAN DE HERRERA DE LA *ESCUELA DE ARQUITECTURA DE MADRID*

2-85-03

MANUAL DE PRÁCTICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PRÁCTICAS III

CERÁMICA, VIDRIO Y PIEDRA NATURAL-ÁRIDOS

por

BEATRIZ ABENZA RUÍZ
MARÍA DEL MAR BARBERO BARRERA
FRANCISCO HERNÁNDEZ OLIVARES

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

2-85-03

C U A D E R N O S
D E L   I N S T I T U T O
J U A N   D E   H E R R E R A

NUMERACIÓN

2 Área
51 Autor
09 Ordinal de cuaderno (del autor)

TEMAS

1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN
0 VARIOS

Manual de prácticas de Materiales de construcción.
Prácticas III. Cerámica, vidrio y piedra natural-áridos.

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Almudena Gil Sancho.
CUADERNO 327.02 / 2-85-03
ISBN-13 (obra completa): 978-84-9728-361-8
ISBN-13: 978-84-9728-364-9
Depósito Legal: M-35152-2011

Este cuaderno forma parte de una serie en la que se recogen las prácticas de laboratorio a realizar en la asignatura de Materiales de Construcción correspondiente al segundo curso (tercer semestre) del Grado en Arquitectura de la Escuela Técnica Superior de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

PRÁCTICAS I:
Introducción
Propiedades físicas y mecánicas (ud. 2 y 3)

PRÁCTICAS II:
Metales (ud. 4)

PRÁCTICAS III:
Cerámica, vidrio y piedra natural-áridos (ud. 5, 6 y 7)

PRÁCTICAS IV:
Conglomerantes y conglomerados (ud. 8)
Hormigón (ud. 9)

PRÁCTICAS V:
Madera y productos vegetales (ud. 10)
Plásticos y bituminosos (ud. 11 y 12)

En concreto, en éste se recogen los siguientes ensayos:

Cerámica, vidrio y piedra natural-áridos (ud. 5, 6 y 7):

- Muestras de cerámicas
- Muestras de vidrios
- Muestras de pétreos
- Ensayo de abrasión
- Ensayo de resbaladicidad
- Granulometría
- Volumen de huecos
- Coeficiente de forma

CERÁMICA, VIDRIO Y PIEDRA NATURAL-ÁRIDOS

MUESTRAS DE CERÁMICAS

Nombre	Naturaleza	Descripción y grado de cocción	Usos más habituales	Otros usos posibles

Nombre	Naturaleza	Descripción y grado de cocción	Usos más habituales	Otros usos posibles

MUESTRAS DE PIEDRAS NATURALES

Nombre	Naturaleza	Descripción	Usos más habituales	Otros usos posibles

Nombre	Naturaleza	Descripción	Usos más habituales	Otros usos posibles

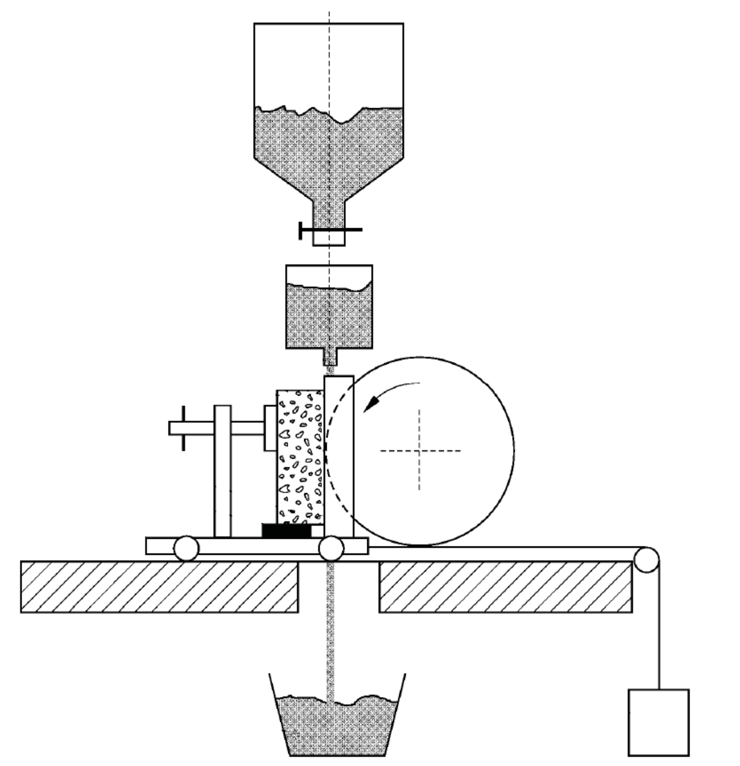
MUESTRAS DE VIDRIOS

Nombre	Naturaleza	Descripción	Usos más habituales	Otros usos posibles

Nombre	Naturaleza	Descripción	Usos más habituales	Otros usos posibles

ENSAYO DE ABRASIÓN

La resistencia a la abrasión de los materiales se puede determinar midiendo la huella producida por un disco giratorio con ayuda de un material abrasivo. Resulta útil para predecir cuál será el ritmo de desgaste de un material empleado en suelos por la circulación de los distintos tipos de tráfico.



Máquina de abrasión o "Máquina Capón". Imagen adaptada de UNE EN 14157:2004

Esta resistencia a la abrasión se expresa como el volumen (V, en mm³) de materia eliminada, calculada a partir de la longitud de la huella que deja el disco abrasivo sobre la probeta. Según la siguiente expresión:

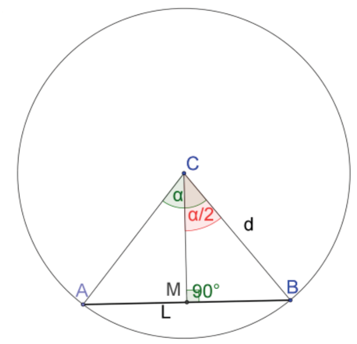
$$V = \left(\frac{\pi \cdot \alpha}{180} - \operatorname{sen}\alpha\right)\frac{h \cdot d^2}{8}$$

Donde:

- α es el ángulo (en grados) determinado por la cuerda de longitud L, respecto al centro del disco giratorio.
- h es el grosor (en mm) del disco giratorio.
- d es el diámetro (en mm) del disco giratorio

La longitud de la huella (L, en mm) se usa para calcular por razones trigonométricas el ángulo α:

$$\operatorname{sen}\frac{\alpha}{2} = \frac{L}{d}$$



REFERENCIAS

UNE EN ISO 10545-6: 1998 "Baldosas cerámicas. Parte 6: Determinación de la resistencia a la abrasión profunda de baldosas no esmaltadas"

UNE EN ISO 10545-7: 1999 "Baldosas cerámicas. Parte 7: Determinación de la resistencia a la abrasión superficial de las baldosas esmaltadas"

UNE EN 14157: 2004 "Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a abrasión".

PROCEDIMIENTO

El fundamento de este ensayo es determinar la resistencia a la abrasión de materiales cerámicos (baldosas), previstos para su instalación en suelos, midiendo la longitud de huella dejada por un disco giratorio usando aluminio blanco fundido como material abrasivo.
Se someten al ensayo al menos 5 probetas, se suelen emplear baldosas enteras.
Se coloca la probeta tangencialmente contra el disco abrasivo (en posición vertical).
El caudal de alimentación de material abrasivo ha de ser uniforme de 100±10g cada 100 revoluciones. Este material abrasivo no se reutiliza.
Se hace girar el disco durante 150 revoluciones y se retira la probeta para medir la longintud de la huella (L) con una precisión de 0,5mm.
Cada probeta se ensaya en dos lugares de modo que las huellas sean perpendiculares entre sí.

PRÁCTICA DE ENSAYO DE ABRASIÓN

Nombre: **Nº exp:**

Probeta:	L (mm)	V (mm^3)
Huella 1		
Huella 2		
Media		

Relaciona los resultados de ensayo de abrasión con las propiedades físicas y mecánicas de dichos materiales

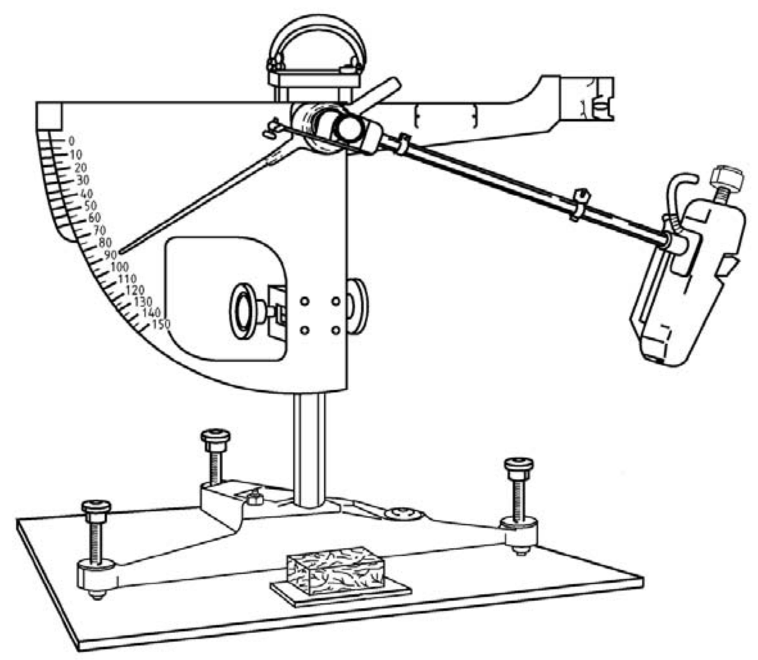
¿Los materiales ensayos son adecuados para uso como pavimento en áreas con tráfico pesado? ¿Qué otros materiales podrían ser adecuados como uso en pavimento?

¿cuál de los materiales ensayados sería apto para su colocación en uso residencial?

ENSAYO DE RESBALADICIDAD

Este ensayo determina la resistencia al deslizamiento de diferentes tipos de suelos. En el caso de la piedra natural, si la cara expuesta tiene una rugosidad superior a 1mm se considera antideslizante directamente sin la necesidad de realizar ningún ensayo. Esto paso en algunos tipos de acabado como el abujardado o el flameado.

El péndulo de fricción puede utilizarse para medidas en laboratorio o para suelos en servicio en el caso en que el pulido se realice una vez colocado en obra.



Péndulo de fricción. Imagen adaptada de UNE EN 14231:2004

La resistencia al deslizamiento se puede definir como la propiedad de una superficie para mantener la adherencia (del calzado de lo peatones) y se relaciona con la seguridad de uso, ya que una pérdida de adherencia conlleva pérdida de control y aumento del riesgo de caídas.

Al realizar el ensayo se obtiene el "valor de resistencia al deslizamiento" SRV (se debe medir tanto en condiciones secas como húmedas), que se puede denominar USRV o PSRV según se trate de superficies sin pulir o pulidas.

Según el CTE los suelos se clasifican actualmente en función de su valor de resistencia al deslizamiento (R_d según CTE; USRV según norma UNE a que se refiere el CTE), según la siguiente tabla:

Resistencia al deslizamiento	Clase
$R_d \leq 15$	0
$15 < R_d \leq 35$	1
$35 < R_d \leq 45$	2
$R_d > 45$	3

Y nos indica en qué circunstancias está indicado un tipo de suelo u otro:

Tabla 1.2 Clase exigible a los suelos en función de su localización

Localización y características del suelo	Clase
Zonas interiores secas	
- superficies con pendiente menor que el 6%	1
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	2
Zonas interiores húmedas, tales como las entradas a los edificios desde el espacio exterior (1), terrazas cubiertas, vestuarios, baños, aseos, cocinas, etc.	
- superficies con pendiente menor que el 6%	2
- superficies con pendiente igual o mayor que el 6% y escaleras	3
Zonas exteriores. Piscinas (2). Duchas	3

(1) Excepto cuando se trate de accesos directos a zonas de *uso restringido*.

(2) En zonas previstas para usuarios descalzos y en el fondo de los vasos, en las zonas en las que la profundidad no exceda de 1,50 m.

REFERENCIAS

UNE ENV 12633: 2003. "Método de la determinación del valor de la resistencia al deslizamiento/resbalamiento de los pavimentos pulidos y sin pulir"

UNE EN 14231:2004. "Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia al deslizamiento mediante el péndulo de fricción"

PROCEDIMIENTO

El péndulo de rozamiento está compuesto de una zapata, con resorte de muelle con un caucho normalizado colocado en el extremo del péndulo. El rozamiento entre la zapata y la superficie de ensayo al oscilar el péndulo se puede medir por la reducción de la longitud de oscilación mediante una escala graduada. La escala circular C ha de estar calibrada para una longitud de deslizamiento de 126mm marcada de 0 a 150.

Para realizar el ensayo en húmedo, se debe disponer de agua a 20 ±5ºC en un recipiente para humedecer la superficie de la probeta y la zapata.

El péndulo se coloca sobre una superficie estable y se eleva el eje de rotación para que el brazo oscile libremente. Se ajusta el rozamiento del mecanismo de la aguja indicadora de forma que cuando el brazo y la aguja se liberen desde su posición horizontal derecha, la aguja marque cero en la escala escogida para el ensayo (en este caso Escala C).
La probeta se dispone de modo que su dirección más larga coincida con la trayectoria del péndulo y quede centrada respecto a su eje de rotación.
Hay que ajustar la altura del brazo para que entre en contacto con la probeta.

Procedimiento del ensayo en condiciones secas:
Una vez colocada la aguja en la posición de partida, se libera el brazo del péndulo y se detiene en su oscilación de vuelta (un ciclo) antes de que la zapata vuelva a pasar por la superficie de ensayo. Se registra la lectura indicada en la escala graduada.
Se repite el mismo procedimiento hasta que cinco lecturas sucesivas no se diferencien en más de tres unidades.
Se eleva el cabezal del péndulo para comprobar que en una oscilación libre. Si la desviación respecto del principio es mayor que una unidad habría que repetir las operaciones.
Se gira la probeta 180º para repetir el ensayo en sentido contrario.

PRÁCTICA DE RESBALADICIDAD

Nombre: **Nº exp:**

Material: Acabado 1:

	Resistencia al deslizamiento (URSV ~ R_d)	Clase de suelo según CTE	Aplicaciones
Orientación 1			
Orientación 2			
Media			

Material: Acabado 2:

	Resistencia al deslizamiento (URSV ~ R_d)	Clase de suelo según CTE	Aplicaciones
Orientación 1			
Orientación 2			
Media			

Comparativa de materiales y acabados:

Material	Acabado	Resistencia al deslizamiento (URSV ~ R_d)

GRANULOMETRÍA

(En colaboración con el profesor Santos García Álvarez)

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas que integran un árido siendo ésta fundamental para obtener la máxima compacidad en morteros y hormigones. Para lograrlo, en el caso de hormigones, se procede a la mezcla de áridos fino o arenas y de áridos gruesos o gravas.

Tipos de áridos:

El árido es el material granular empleado en las mezclas cuyo origen puede ser natural o artificial, aunque también puede proceder del reciclado. Por los primeros, se entiende los que sólo hayan sido sometidos a procesos mecánicos, mientras que los artificiales son los resultantes de cualquier proceso que implique tratamiento térmico u otro; mientras que el reciclado es el procedente de un material inorgánico empleado, con anterioridad, en el sector de la construcción y sometido a un tratamiento específico (UNE EN 12620 2003 y A1-2009: ap. 3.1, 3.4 y 3.5).

Clasificación por tamaños:

Arena o árido fino: el árido o fracción del mismo que pasa o queda retenido por un tamiz de 4 mm de luz de malla.
Grava o árido grueso: El árido o fracción del mismo que resulta retenido por dicho tamiz, siendo su tamaño menor igual o inferior a 2 mm (UNE 146121 2000: ap. 3.2) y el mayor inferior a 90 mm (UNE EN 933-1 1998 y A1 2006: ap. 1). Para la fabricación del hormigón, la Instrucción EHE establece ciertas limitaciones en cuanto a su dimensión, de tal forma que «cuando el hormigón deba pasar entre varias capas de armaduras, convendrá emplear un tamaño de árido más pequeño que el que corresponde a los límites a) ó b) si fuese determinante» (EHE 2008: 28.3.1):

- Que sea menor de 0.8 veces «la distancia total libre entre vainas o armaduras que no formen grupo, o entre un borde de la pieza y una vaina o armadura que forme un ángulo mayor que 45º con la dirección de hormigonado».
- Que sea inferior a 1.25 veces «la distancia entre un borde de la pieza y una vaina o armadura que forme un ángulo no mayor que 45º con la dirección de hormigonado»
- Que sea inferior a 0.25 veces «la dimensión mínima de la pieza, excepto en los casos siguientes: Losa superior de los forjados, donde el tamaño máximo del árido será menor que 0.4 veces el espesor mínimo; Piezas de ejecución muy cuidada (caso de prefabricación en taller) y aquellos elementos en los que el efecto pared del encofrado sea reducido (forajdos que se encofran por una sola cara), en cuyo caso será menor que 0.33 veces el espesor mínimo)» (EHE 2008: art. 28.3.1).

Árido "todo en uno" o árido total es el formado por la mezcla de arenas y gravas. Tanto en las arenas como en las gravas se incluyen los áridos ligeros.
En todos los casos, el **fino** es la fracción granulométrica del árido que pasa por el tamiz de 0.063 mm, «expresada en porcentaje del peso de la muestra de árido grueso total o de árido fino total» (EHE 2008: 28.4.1). Este se determina como la relación:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} x100$$

Donde M_1 es la masa de la que se parte, esto es, la muestra de material seleccionado para el ensayo, en kilogramos; M_2 es la masa seca del residuo retenido en el tamiz 63 micras, en kilogramos; P es el material que queda en el fondo, que es menor de 63 micras, en kilogramos.
El contenido de finos queda limitado por la tabla 28.4.1.a de la Instrucción EHE:

Tabla 28.4.1.a Contenido máximo de finos en los áridos

ÁRIDO	PORCENTAJE MÁXIMO QUE PASA POR EL TAMIZ 0,063 mm	TIPOS DE ÁRIDOS
Grueso	1,5%	-Cualquiera
Fino	6%	- Áridos redondeados - Áridos de machaqueo no calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición IIIa, IIIb, IIIc, IV o bien a alguna de las clases específicas de exposición Qa, Qb, Qc, E, H y F (1)
	10%	- Áridos de machaqueo calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición IIIa, IIIb, IIIc, IV o bien a alguna de las clases específicas de exposición Qa, Qb, Qc, E y F (1) - Áridos de machaqueo no calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición I, IIa o IIb y no sometidas a ninguna de las clases específicas de exposición Qa, Qb, Qc, E, H y F(1)
	16%	- Áridos de machaqueo calizos para obras sometidas a las clases generales de exposición I, IIa o IIb y no sometidas a ninguna de las clases específicas de exposición Qa, Qb, Qc, E, H y F (1)

(1) Véanse las tablas 8.2.2 y 8.2.3.a.

Además de dicho requisito, los áridos también han de cumplir el ensayo de equivalente de arena (SE4), cuyo valor ha de ser superior a 70 «para obras sometidas a la clase general de exposición I, IIa ó IIb y que no estén sometidas a ninguna clase específica de exposición» o de 75 para el resto de casos (EHE 2008: art. 28.4.2).
Además de los anteriores, se conoce como **filler**, el árido cuya mayor fracción pasa por el tamiz de 0.063 mm.

Clasificación por forma:
De acuerdo con la forma, los áridos pueden proceder de rocas machacadas, denominándose áridos de machaqueo; o de ríos, siendo éstos los que se identifican como áridos rodados. Ambos pueden ser empleados para la elaboración del hormigón (EHE 2008: art. 28.1), pero otorgan características distintas a la mezcla que habrán de ser tenidas en cuenta.

Designación:
La designación sigue lo indicado en la Instrucción EHE 2008, según la cual éstos se denominan según (EHE 2008: art. 28.1): d/D- IL-N, siendo:
d/D, la fracción granulométrica del árido que estará comprendida entre un tamaño mínimo, d, y un tamaño máximo, D, en mm. La relación entre D/d ha de ser mayor de

1.4 (EHE 2008: art. 28.3), además, los requisitos generales del tamaño del árido quedan establecidos en el siguiente cuadro(EHE 2008: art. 28.3):

Tabla 28.3.a Requisitos generales de los tamaños máximo D y mínimo d.

		Porcentaje que pasa (en masa)				
		2 *D*	1,4 *D* [a)]	*D*[b)]	*d*	*d*/2 [a)]
Árido grueso	$D > 11{,}2$ ó $D/d > 2$	100	98 a 100	90 a 99	0 a 15	0 a 5
	$D \leq 11{,}2$ o $D/d \leq 2$	100	98 a 100	85 a 99	0 a 20	0 a 5
Árido fino	$D \leq 4$ y $d = 0$	100	95 a 100	85 a 99	-	-

a) Como tamices 1,4D y d/2 se tomarán de la serie elegida o el siguiente tamaño del tamiz más próximo de la serie.

b) El porcentaje en masa que pase por el tamiz *D* podrá ser superior al 99 %, pero en tales casos el suministrador deberá documentar y declarar la granulometría representativa, incluyendo los tamices *D*, *d*, *d/2* y los tamices intermedios entre *d* y *D* de la serie básica más la serie 1, o de la serie básica más la serie 2. Se podrán excluir los tamices con una relación menor a 1,4 veces el siguiente tamiz más bajo.

IL, la forma de presentación, pudiendo ser: R, rodado, T, triturado (de machaqueo); M, mezcla.

N, la naturaleza del árido siendo: C, calizo; S, silíceo; G, granito; O, ofita; B, basalto; D, dolomítico; Q, traquita; I, fonolita; V, varios; A, artificial; R, reciclado

Cribado: Tamices y cedazos

Para determinar la composición granulométrica de un árido dado se le somete a un proceso de cribado a través de una serie de tamices y cedazos de dimensiones de paso normalizadas. En este sentido, los tamaños máximos, D, y mínimos, d, se han de especificar de acuerdo con la serie básica, ésta más la serie 1, o la serie básica más la serie 2, aunque no se combinarán tamices de la serie 1 con la serie 2. Dichas series quedan contempladas en el siguiente cuadro, tomado de la Instrucción EHE 2008 (EHE 2008: tabla 28.3b).

Tabla 28.3.b Series de tamices para especificar los tamaños de los áridos

Serie Básica mm	Serie Básica + Serie 1 mm	Serie Básica + Serie 2 mm
0,063	0,063	0,063
0,125	0,125	0,125
0,250	0,250	0,250
0,500	0,500	0,500
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63
125	125	125

NOTA - Por simplificación, se podrán emplear los tamaños redondeados entre paréntesis para describir el tamaño de los áridos

A partir de dicho cribado es posible obtener las cantidades absolutas y relativas de los granos retenidos en cada cedazo o tamiz, definiendo así la composición granulométrica del árido en forma de porcentaje retenida por cada tamiz (retenidos parciales), así como el retenido hasta dicho tamiz (retenido acumulado).

REFERENCIAS

Instrucción EHE 2008

UNE 7050-1 (1997): "Tamices y tamizado de ensayo. Parte 1: Vocabulario"

UNE 7050-2 (1997): "Tamices y tamizado de ensayo. Parte 2: Telas metálicas, chapas perforadas y láminas electroformadas. Medidas nominales de las aberturas"

UNE 7050-3 (1997): "Tamices y tamizado de ensayo. Parte 3: Exigencias técnicas y verificaciones de los tamices de ensayo de tela metálica"

UNE EN 933-1 (1998): "Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado".

UNE EN 933-1 1998/A1 (2006): “Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado”.

UNE EN 933-2 (1996): “Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas”.

UNE EN 933-2, 1º Modificación (1999): “Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas”.

UNE EN 12620: 2003+A1 (2009): “Áridos para hormigón”

UNE 146121: 2000 “Áridos para la fabricación de hormigones. Especificaciones para los áridos utilizados en los hormigones destinados a la fabricación de elementos de hormigón estructural”

UNE 146301: 2002 “Áridos. Módulo de finura del árido fino o arena”

PROCEDIMIENTO

Antes de iniciar el ensayo, el árido a ensayar ha de haber sido lavado, a excepción de algunos casos en los que se pueda alterar alguna propiedad física del mismo como puede ser el de los áridos ligeros. Aquéllos son mantenidos en agua durante 24 horas para que se produzca la rotura de los terrones de aglomeración, tras lo que se agita con fuerza y se tamiza haciendo pasar agua a través de los áridos dispuestos sobre un tamiz de 0.063 mm y otro de mayor luz de malla. Una vez lavado el material se seca en cámara a 110±5ºC hasta alcanzar masa constante y se dejan enfriar a temperatura ambiente. La cantidad de material a ensayar está definida por la norma UNE EN 933-1, en función del tamaño máximo de árido (suponiendo que éste tenga una densidad aparente entre 2000-3000 kg/m^3, mientras que si su densidad fuera inferior o superior a dicho intervalo, se ha de aplicar un factor de corrección basado en la relación entre densidades con objeto de obtener el mismo volumen):

Tamaño máximo de árido D (mm)	Masa mínima de la muestra de ensayo (kg)
90	80
63	40
32	10
16	2.6
8	0.6
≤4	0.2

Fte. UNE EN 933-1 1998: tabla 1

En nuestro caso, se toman 1000 gramos de arena y 5000 gramos de grava.

La operación de tamizado se lleva a cabo sometiendo la muestra de árido a una sucesión de movimientos laterales y verticales de forma que el material esté en continuo movimiento sobre la superficie del tamiz. Entre las precauciones a tener en cuenta:

- El material a tamizar no se ha de aportar de una sola vez sino poco a poco
- Cuando se tamicen partículas inferiores a 0.50 mm, se ha de emplear una brocha de pelo suave para que las mallas no se rompan.

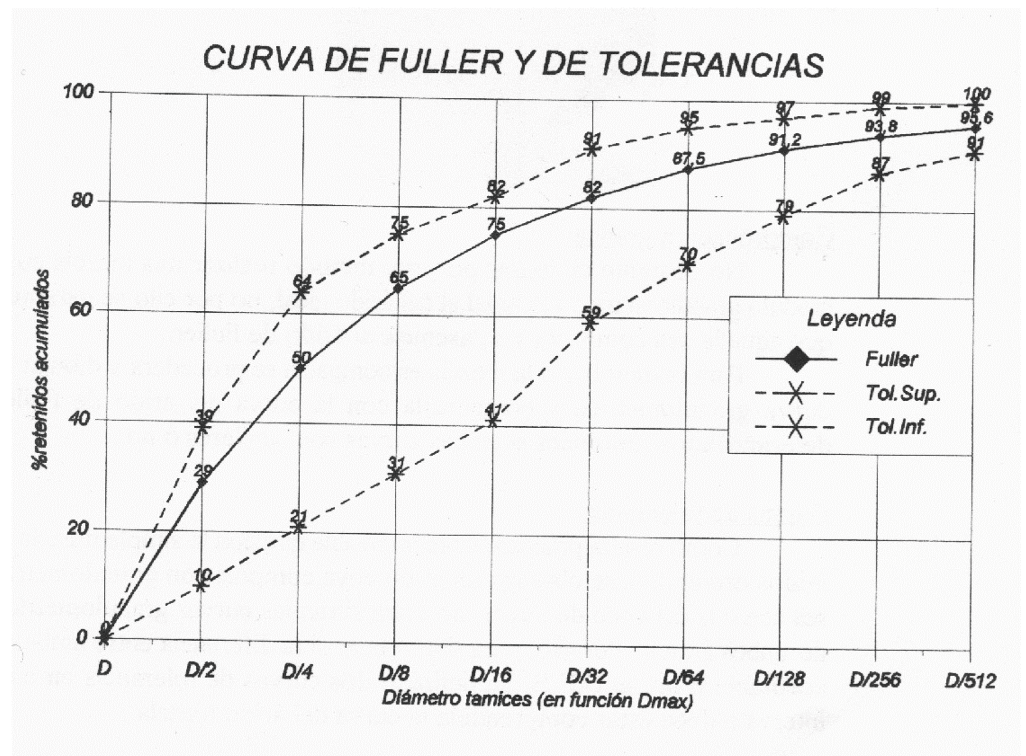
Se comenzará con el tamiz de mayor luz hasta peso constante. Lo contenido en cada cedazo se anotará en la tabla adjunta como <u>retenidos parciales</u>. El <u>retenido acumulado</u> se calcula sumando al retenido parcial de un cedazo los retenidos parciales de los anteriores. Anotamos también los porcentajes retenidos acumulados % = (R / M) x 100 siendo R = peso retenido acumulado en un tamiz; M = peso total de la muestra de arena.

- Curva granulométrica:
  Es la representación gráfica de la granulometría de un árido en unos ejes cartesianos definidos por los diámetros de los tamices y los diferentes porcentajes de cantidades retenidas acumuladas en cada uno.
- Módulo granulométrico:
  Es la centésima parte de la suma de los retenidos acumulados en %, en la serie normalizada. Da idea del tamaño medio del árido. Sirve para poder comparar los áridos entre sí, desde el punto de vista de su granulometría

<u>Granulometría continua.</u> Se obtienen mezclas compactas mediante la utilización de granos de todos los tamaños cuya proporción se debe adecuar a la ley matemática de Fuller-Thomson definida por la ecuación de una parábola, obtenida por métodos experimentales y cuya compacidad es la máxima posible.

$$r_a(\%) = 100 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{d}{D}}\right)$$

siendo:
d=diámetro de cada tamaño; D= diámetro máximo; r_a= reten.acum. en el tamiz “d” en %



<u>Comprobación gráfica</u>**.** Para comprobar si la mezcla es compacta se procederá a dibujar su curva granulométrica y compararla con la curva del árido de Fuller. Para determinar si la diferencia entre ambas es aceptable o no, se han definido dos curvas de tolerancia en cuyo intervalo debe estar comprendida la curva del árido de mezcla.

PRÁCTICA DE GRANULOMETRÍA

Nombre: **Nº exp:**

GRAVA

Peso de grava = 5 kg

D (mm)	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	<0.063
Retenido (g)											
Retenido acumulado (g)											
Retenido acumulado %											

Tamaño máximo=

Mg=

Contenido de finos =

ARENA

Peso de arena = 1.0 kg

D (mm)	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
Retenido (g)										
Retenido acumulado (g)										
Retenido acumulado %										

Tamaño máximo=

Ma=

Contenido de finos =

ÁRIDO MEZCLA (66% grava y 34% arena)

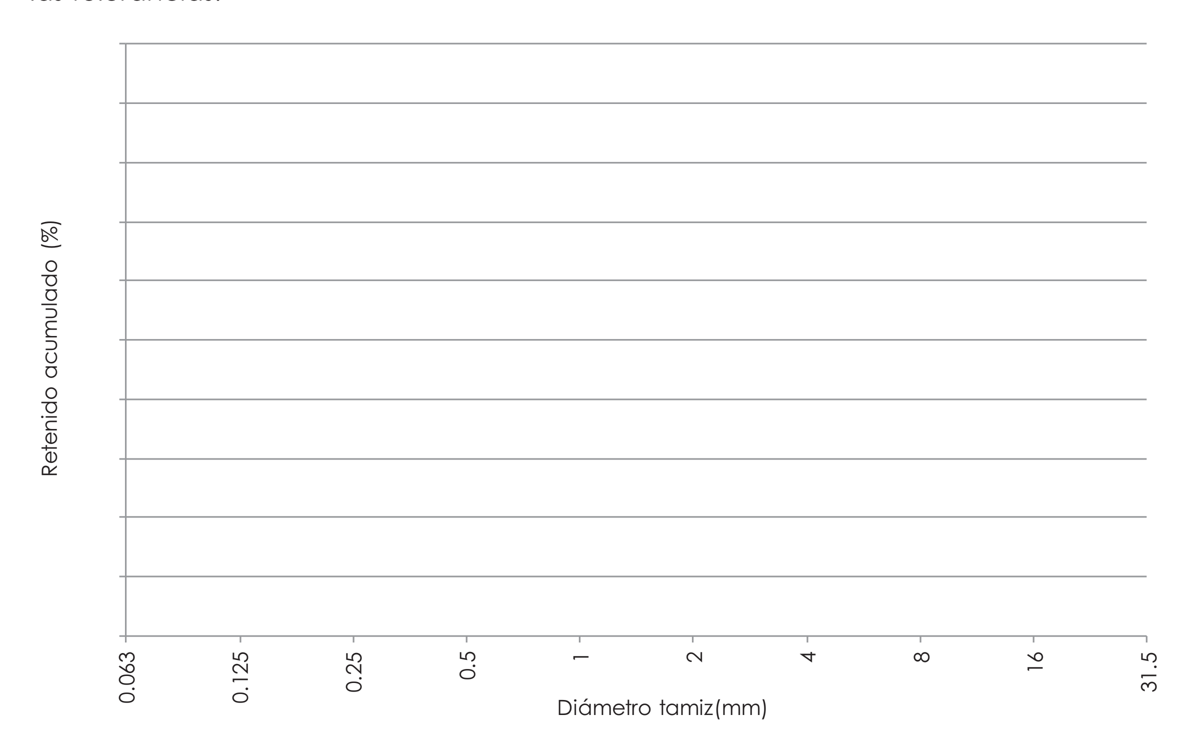
D (mm)	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
66% grava (%)										
34% arena (%)										
Sumatorio										

ÁRIDO IDEAL

D (mm)	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063
Grava (%)										
Arena (%)										
Sumatorio										

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL ÁRIDO MEZCLA:

Dibujar la curva granulométrica del árido mezcla y compararla con la curva de Fuller y las tolerancias.



VOLUMEN DE HUECOS

La selección de áridos es fundamental para la elaboración de mezclas. A tal respecto, la distribución de partícula del árido empleado asegura el mínimo volumen de huecos y determina la cantidad de conglomerante o aglomerante, en volumen, a añadir para la obtención de una buena mezcla.

En una mezcla de áridos, el conglomerante introducido se empleará para rellenar los huecos dejados por las partículas del árido, de tal forma que una falta de conglomerante dará lugar un mortero poco cohesivo. A tal respecto, se puede entender que el volumen de huecos del árido no sólo determine la dosificación sino también la retracción que el mortero en estado fresco pueda sufrir así como también en las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad a corto, medio y largo plazo.

El volumen de huecos, expresado en porcentaje, indica la cantidad de espacio entre las partículas secas del árido. Se trata de un ensayo muy sencillo pero de gran utilidad en obra por ser uno de los ensayos empleados para determinar la idoneidad o no de un árido desconocido. En la mayor parte de los casos, el volumen de huecos es próximo al 30%, aunque dicho porcentaje se puede ampliar hasta un 45%, tomando las debidas precauciones en cuanto a la elección de la cantidad de conglomerante.

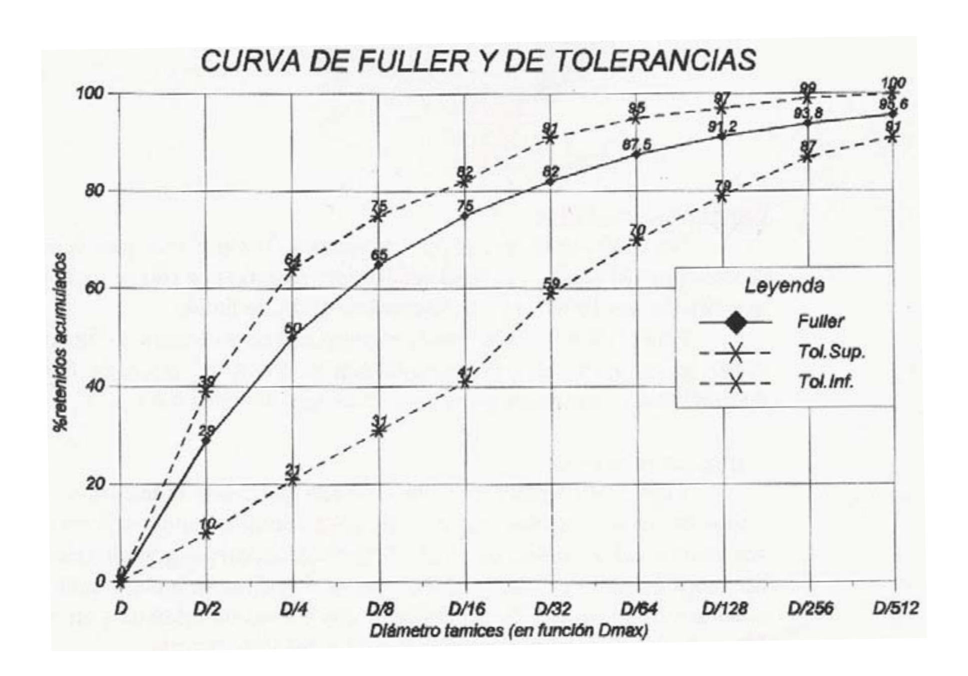
Por otra parte, la compactación de las mezclas es un procedimiento de gran importancia en la puesta en obra de morteros y de hormigones puesto que asegura la reordenación de las partículas, en función de su tamaño y forma, para alcanzar la máxima compactación, esto es, el mínimo volumen de huecos. En esta práctica, por lo tanto, se analiza el volumen de huecos de un árido común previo a un compactación y después de ésta, comparándolo con la que alcanza la mezcla ideal de Fuller.

REFERENCIAS

Leslie, A.; Gibbons, P. (1999): "Scottish aggregates for building conservation" Historic Scotland, Edinburgh.

PROCEDIMIENTO

El objetivo de la práctica consiste en determinar la incidencia de la compactación en el volumen de huecos de un árido común, así como comparar éste con un árido ideal diseñado a partir de la curva de Fuller.



En primer lugar, se vierte el árido objeto de estudio en un recipiente de volumen conocido, desde la mínima altura para evitar su compactación, hasta quedar enrasado en la superficie. Paralelamente, se llena un recipiente con agua y se anota el volumen ocupado por la misma. A continuación, se toma el recipiente con agua y se vierte ésta lentamente sobre el árido. Cuando se observe la formación de una fina película superficial de agua sobre la superficie del árido, se para y se toma nota del volumen de agua introducido por diferencia entre el inicial y el restante en el recipiente. La cantidad de agua añadida habrá sido la suficiente para colmatar los huecos dejados por el árido objeto de ensayo, y el volumen de huecos se determina como la relación entre el volumen de agua introducida y el volumen de arena seca, según la expresión:

$$V\text{hue}\cos(\%)=\frac{V_{H2O}}{V_{\text{árido}}}x100$$

A continuación se repite el proceso sólo que, previamente al vertido del agua sobre el árido, éste se compacta mediante movimientos horizontales y verticales. Se toma nota del volumen de agua introducida y se anota en la fila correspondiente comparándola con la anterior en la columna denominada "Incremento de la compacidad".

Esta misma operación se repite con una mezcla compactada y sin compactar diseñada a partir de los porcentajes de retenidos acumulados para cada diámetro según la curva de Fuller (0% para las partículas retenidas en el tamiz D; 29% para las partículas retenidas en el tamiz D/2; 50% para las retenidas en el D/4; y así, sucesivamente). Se comparan los resultados del árido objeto de estudio con el árido ideal así como el efecto de la compactación en cada uno de ellos.

PRÁCTICA DE COMPACIDAD
Nombre: **Nº exp:**

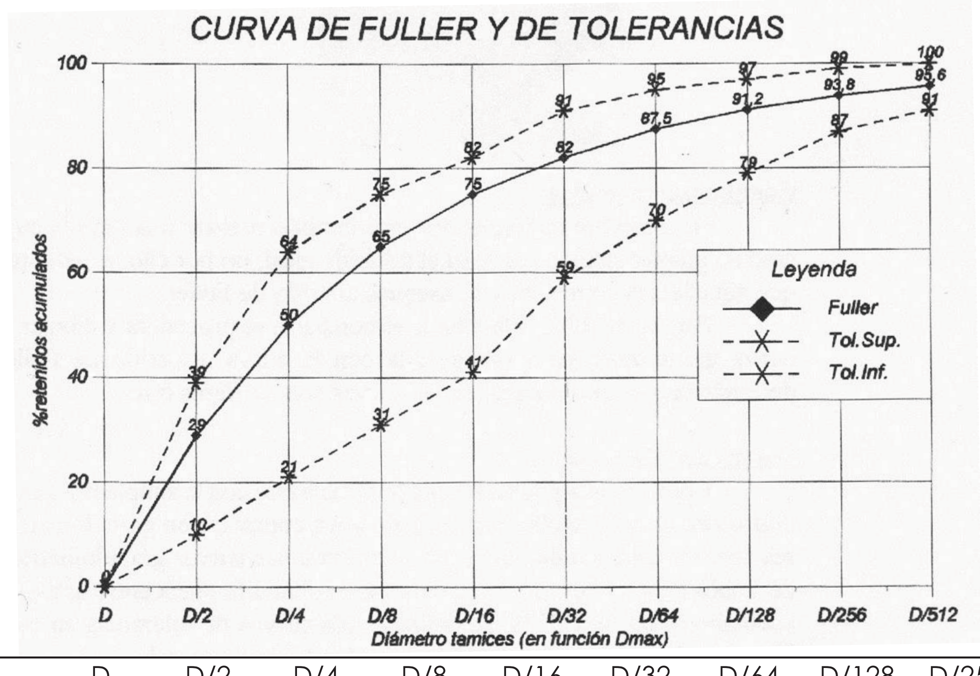
Tipo de árido:
Granulometría:
Denominación (EHE 2008):

Determinación del volumen de huecos en función de la compacidad:

	Volumen de arena seca (cm³)	Volumen agua introducida (cm³)	Volumen de huecos (%)	Incremento de la compacidad (%)
Muestra s/ compactar				
Muestra compactada				

¿Se trata de un árido adecuado para su empleo en morteros? ¿qué tipo de partículas podrían añadirse para mejorar la compacidad?

Comparación con la mezcla ideal de Fuller:



	D	D/2	D/4	D/8	D/16	D/32	D/64	D/128	D/256	D/512
Tamaño en muestra										
%r_a Fuller	0	29	50	65	75	82	87.5	91.2	93.8	95.6
%r_a muestra										

Volumen de huecos en la mezcla de Fuller:

	Volumen de arena seca (cm³)	Volumen agua introducida (cm³)	Volumen de huecos (%)	Incremento de la compacidad (%)
Muestra Fuller s/ compactar				
Muestra Fuller compactada				

COMPACIDAD DE UNA MUESTRA DE GRAVA + ARENA

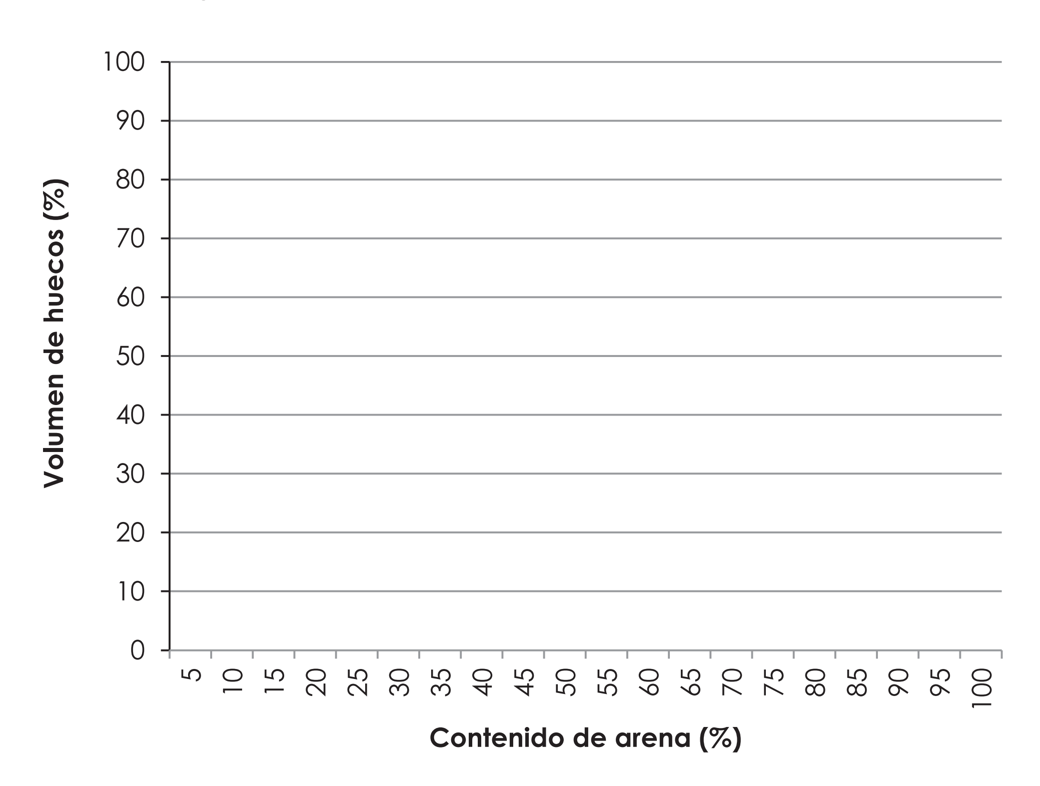
Tipo de arena:
Granulometría:
Denominación (EHE 2008):

Tipo de grava:
Granulometría:
Denominación (EHE 2008):

Variación del volumen de huecos en función del contenido de arenas:

	Volumen de arena seca (cm^3)	Volumen agua introducida (cm^3)	Volumen de huecos (%)	Incremento de la compacidad (%)
Muestra de grava s/ compactar				
Muestra de grava compactada				
Muestra de grava con ____% de arena s/ compactar				
Muestra de grava con ____% de arena compactada				

Expresión gráfica de resultados:



COEFICIENTE DE FORMA

La compacidad de la mezcla depende de la geometría del árido empleado. La forma ideal es aquélla que se asemeja a la esférica, mientras que la dosificación perfecta sería aquélla en la que se mezclan distintos tamaños de tal forma que los huecos dejados por las esferas de mayor dimensión fueran rellenos por otras menores. Esta masa compacta se rellenaría con la pasta de cemento que cohesionaría el conjunto.

Por ello, el uso de áridos con formas laminares y aciculares, cuya proporción excesiva, al contrario de lo que sucedería con los esféricos, implicaría una menor compacidad y la exigencia de introducir una dosis elevada de cemento.

Así pues, mediante este ensayo se trata de evaluar la adecuación de la forma de los áridos para la fabricación de hormigones. Además de éste, otro ensayo que tiene con objeto el mismo fin es el del índice de lajas, cuyo valor, de acuerdo con la EHE 2008 ha de ser inferior a 35.

REFERENCIAS

UNE EN 933-4 2008: "Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 4: Determinación de la forma de las partículas. Coeficiente de forma".

PROCEDIMIENTO

Se parte de una cantidad de árido en función del diámetro máximo de la grava a ensayar, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tamaño superior del árido D (mm)	Masa de la muestra de ensayo mínima (kg)
63	45
32	6
16	1
8	0.1

Fte. UNE EN 933-4 2008: tabla 1 "Masa de las muestras de ensayo"

Antes de iniciar el ensayo, la muestra reducida de áridos a ensayar han de haber sido secados en estufa a (110±5)°C, hasta masa constante. Posteriormente se tamizan seleccionando las fracciones que quedan pasan por el tamiz de 63 mm así como las que quedan retenidas en el de 4 mm.

Se toman 20 granos de cada fracción de árido grueso que posteriormente se empleen en la fabricación del hormigón, se toma medida de su peso, M_1. De cada uno de ellos se mide la longitud, L, y espesor, E, de cada partícula mediante un pie de rey, apartando aquéllas con una relación L/E>3, cuyo peso, M_2, se registra. El coeficiente de forma, SI, se determina de acuerdo con la expresión:

$$SI = \frac{M_2}{M_1} \cdot 100$$

M_1, es la masa de la muestra de ensayo, en gramos; M_2 es la de las partículas cuya relación L/E es superior a tres, en gramos. Su valor ha de ser inferior al 20%

PRÁCTICA DE COEFICIENTE DE FORMA

Nombre: **Nº exp:**

Recogida de datos:

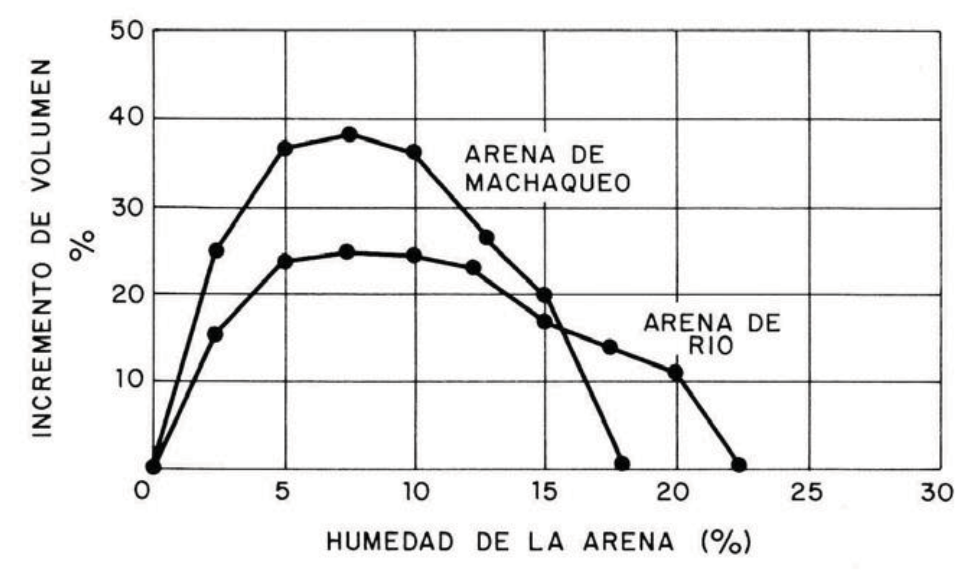
Árido	Longitud, L (mm)	Espesor, E (mm)	Relación L/E	Peso del árido (gramos)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Sumatorio				M_1= M_2=

Coeficiente de forma del árido ensayado:

¿El árido ensayado es adecuado para su empleo en mezclas? Justificar el porqué.

ENTUMECIMIENTO DE ARENAS

El contenido de agua en los áridos empleados en distintas mezclas, determina su volumen y con ello la dosificación con la que éstas entran a formar parte de la mezcla. La adición de agua en las mezclas permite aumentar la compactación de las mezclas al actuar a modo de lubricante, no obstante, a partir de cierto contenido presenta un efecto "separador". Esto se traduce en un aumento de la densidad aparente del árido conforme aumenta el contenido de agua hasta alcanzar un valor máximo, a partir del cual, por el efecto del agua en la compactación, el incremento de humedad deriva en una reducción paulatina de su densidad. Esta práctica tiene por objeto conocer la influencia del contenido de agua en la dosificación en volumen de mezclas fabricadas en obra así como la corrección del agua de amasado que ha de llevarse a cabo, en relación al contenido de humedad en los áridos.



Entumecimiento de arenas en función de su contenido de humedad
Fte. Fernández Cánovas 2007: 119

REFERENCIAS

Fernández Cánovas, M. (2007): *Hormigón*, Madrid, Colegido de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Varela Soto, F. (2005): Manual de prácticas de laboratorio, Madrid, EUIT de Obras Públicas.

PROCEDIMIENTO

En primer lugar, el árido se seca en estufa a 105±5ºC hasta masa constante. Una vez alcanzada, se introducen en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente.

La práctica se inicia con la determinación del peso de árido seco que contiene un volumen conocido. Para ello se llenará el recipiente depositando la arena en el mismo desde la menor altura posible respecto a la base.

Una vez conocido aquél, se vacía en una bandeja el árido y se le añade un porcentaje de agua conocido, referido al peso seco del árido. Finalmente, se determina el volumen que ocupará la arena humedecida.

El volumen de arena húmeda al que se sustrae el ocupado por la arena seca, es puesto en relación con el volumen de la arena seca para determinar el entumecimiento de la misma para un determinado porcentaje de agua, esto es:

$$E = \frac{V_{arena_húmeda} - V_{arena_seca}}{V_{arena_seca}} \cdot 100$$

CUADERNO



Cuadernos.ijh@gmail.com
info@mairea-libros.com

